

高层建筑电力配电系统中电气火灾 监测技术应用研究

李兵

(深圳市前海深港创新产业发展有限公司)

【摘要】电气火灾监控系统是高层建筑安全中至关重要的一环。文章详细探讨了电气火灾的主要成因,包括电气线路的接触性电弧短路、配电线路老化以及线缆绝缘破损和导线裸露。同时,文章根据《建筑设计防火规范》《电气火灾监控设备标准》《民用建筑电气设计标准》等规范,深入分析了电气火灾监控系统的设计、安装和调试流程,讨论了系统中各组成部分的作用和重要性,确保系统的有效运行和及时的火灾预警。

【关键词】电气火灾;监控系统;配电安全;系统设计;防火规范

中图分类号:TU976.5

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.102

Research on the Application of Electrical Fire Monitoring Technology in the Power Distribution System of High-rise Buildings

LI Bing

(Qianhai Shenzhen-Hong Kong Innovation Industry Development Co., Ltd.)

【Abstract】The electrical fire monitoring system is a crucial component in the safety of high-rise buildings. This paper elaborates on the main causes of electrical fires, including contact arc short circuits in electrical lines, aging of power distribution lines, as well as damage to cable insulation and exposure of conductors. Meanwhile, in accordance with specifications such as the "Code for Fire Protection Design of Buildings", "Standards for Electrical Fire Monitoring Equipment" and "Standard for Electrical Design of Civil Buildings", the paper conducts an in-depth analysis of the design, installation and commissioning processes of the electrical fire monitoring system. It also discusses the functions and importance of each component in the system to ensure the effective operation of the system and timely fire early warning.

【Keywords】electrical fire; monitoring system; power distribution safety; system design; fire protection code

1 引言

随着城市化进程的加速,高层建筑数量显著增加,电气火灾风险也同步攀升。电气火灾主要由电气线路故障、设备老化及维护不当等因素引发。有效的电气火灾监控系统能够及时检测并预警潜在火灾隐患,进而降低人员伤亡与财产损失。因此,深入掌握电气火灾的成因及其防控技术,对提升建筑安全水平具有重要现实意义。

2 电气火灾的成因及影响

2.1 电气线路的接触性电弧短路

电气线路的接触性电弧短路是引发电气火灾的最常见诱因之一。电弧是电流通过气体介质时形成的连续放电现象,多发生于电气设备的接触不良或绝缘破损部位。接触性电弧短路通常因接触点氧化、松动或表面污染导致接触电阻增大,电流流经接

触点时产生的热量超出材料热耐受极限,进而引发温度急剧升高,瞬间形成高温电弧。此类高温电弧可在短时间内引燃周边可燃物,尤其在密闭或半密闭空间内,火灾蔓延速度极快,给人员疏散和火情控制造成极大阻碍。

2.2 配电线路老化

建筑物使用年限增长,配电线路老化问题愈发突出。电线电缆及其绝缘层长期在电流负荷、环境温度湿度变化、化学腐蚀等多重因素作用下,物理与化学性能会逐步劣化。绝缘层老化使其机械强度降低、抗电击穿能力减弱,一旦出现破损便会形成电气短路,极易诱发火灾。此外,当电气负荷突增时,老化线路因无法承载过大电流易出现过热现象,进一步加剧电气火灾风险。

2.3 线缆绝缘破损及导线裸露

线缆绝缘破损多由外力撞击、安装不规范或动

物啃咬等因素所致。一旦绝缘层破损造成导线裸露,极易与周边金属构件接触形成短路,或在潮湿环境中引发漏电事故乃至电气火灾。裸露导线不仅会提升电气火灾发生概率,还会对人身安全形成严重威胁。多数老旧建筑的电线布线不满足现行电气安装规范,且缺乏常态化维护巡检,进一步加剧了电气火灾的潜在隐患。工业环境中普遍存在的化学腐蚀、温度波动及机械振动等因素,易造成线缆绝缘层加速破损,致使火灾风险大幅攀升。

3 电气火灾监控系统设计依据与规范

3.1 《建筑设计防火规范》的应用

《建筑设计防火规范》GB 50016-2014(2018年版)为电气火灾监控系统的设计和安装提供了基本的防火要求和措施。该规范强调了电气设施应符合防火安全要求,包括电缆阻燃性、电气设备布局间距及电气线路防护措施等。设计人员通过应用这些规范,需确保所有电气组件和线路在火灾情况下既能保持必要功能,或在规定时间内安全停止运行,降低火灾扩散风险。规范还详细说明了紧急照明和疏散指示系统的配置要求,此类系统与电气火灾监控系统密切相关,需整合设计考量,以确保火灾发生时人员能够迅速、安全疏散。

3.2 《电气火灾监控设备标准》的规定

《电气火灾监控设备标准》(GB 14287.1-2014)针对电气火灾监控系统设备提出具体要求,包括监控设备的性能、安装和测试程序。该标准明确了电气火灾监控系统的设备选型与应用必须能够精确监测电路异常情况(如漏电、过载和短路等),并在火灾初期迅速响应,启动报警程序。标准对监控中心和现场设备间的通信协议和数据传输可靠性提出严格要求,以保证火灾紧急情况下系统稳定运行。

3.3 《电气设计规范》及剩余电流式监控设备的重要性

《民用建筑电气设计标准》(GB 51348-2019)与《剩余电流式电气火灾监控探测器》(GB 14287.1-2014)均强调了剩余电流监控技术在电气设计和监控系统中的应用。剩余电流监控设备能够检测电路中微小漏电流,这类漏电流往往是电气火灾的前兆。通过实时监测剩余电流变化,这类设备能够在火灾形成前的早期阶段识别出潜在危险,有效避免火灾

的发生。规范还要求设备应具备高灵敏度和可靠性,能在不同的电气环境下稳定工作,以适应高层建筑复杂多变的电气需求。严格遵守标准可显著提高高层建筑电气系统安全性,降低电气火灾发生概率。

4 电气火灾监控系统的基本组成

4.1 中央监控主机

中央监控主机是电气火灾监控系统的核心部分,承担数据采集、处理和显示功能。中央监控主机安装在建筑物消防控制室内,通过总线连接各层监控器和探测器,对整个建筑的电力系统进行实时监控和集中管理。监控主机不仅负责接收和处理各监控节点的数据,还对异常情况发出警报信号,提示值班人员迅速采取防火措施。系统主机的设计容量需符合建筑总楼层和监控点数量的要求,以保证数据传输的稳定性。根据电气火灾监控系统规范,中央监控主机应具备高容量数据处理能力、可扩展性和人机交互界面,以便操控人员及时掌握系统运行状况并进行必要调整。

4.2 电气火灾监控器

电气火灾监控器安装于被监控配电箱柜内,与中央监控主机通过总线通信。其主要功能是实时监测电流、漏电流和温度等参数,一旦检测到异常值,立即将数据传输到中央监控主机并触发报警。每个电气火灾监控器一般包含多个监控回路,可适应多种配电环境的参数监控需求。监控器选型应依据配电回路的特征(如负荷类型、电流负载情况等)确定,如GH1-B1和GH1-B2监控器具有较高灵敏度,能精确检测微小电流异常变化。安装位置应确保数据传输的稳定性,减少电磁干扰带来的信号丢失风险。

4.3 电气火灾探测器

电气火灾探测器通过总线与监控器连接,安装在配电柜内各监控节点上。其核心功能是对电流、温度和剩余电流等参数进行实时监测,确保在电流过载、温度异常升高时迅速发出信号。探测器类型选择应根据具体配电线路情况,如进出线的材质(电缆或铜排)及所需采样参数。不同型号探测器的电流规格不同,以适配不同电流负载需求。本系统先用3种型号探测器,其电流规格严格对应各个配电回路电流值,以确保监控的准确性并减少设备损耗。

4.4 总线及信号传输线路

电气火灾监控系统依靠总线进行数据传输。中央监控主机、监控器和探测器通过总线连接形成闭环网络,实现监控信息双向传输。总线结构设计需考虑传输线路的长度、节点分布及信号干扰情况,减少数据延迟与丢失。系统总线采用级联方式,每个监控节点配置1个输入端和1个输出端^[1],确保系统结构连续性。布线时,总线不应与其他强电、弱电线路并排敷设,以防止信号干扰。

4.5 火灾监控节点图和安装说明

火灾监控节点图是电气火灾监控系统设计的重要组成部分,用于显示各配电柜内监控器与探测器的具体安装情况(见图1)。节点图标明了监控器供电方式、探测器信号类型、布置细节及与信号线的连接形式。设计需清晰、简洁,便于安装人员直观了解设备的布置方式和连接方法,在实际安装中节点图通常整合系统图内,不单独出图,以确保施工图纸的完整性和逻辑性。

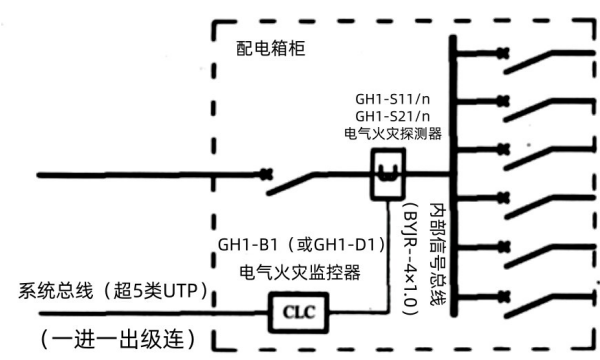


图1 火灾监控节点图

5 配电系统中的探测器布置与实施

5.1 配电干线分析与探测器布置

在高层建筑电力配电系统设计中,对配电干线进行详细分析是探测器布置的首要步骤。分析内容包括确定各干线的电流载荷、负载特性及潜在风险点。基于这些数据,采用分级保护原则对系统进行分区,将配电系统分为一级和二级负荷区:一级负荷区涵盖安全系统关键部分,如消防设备电源和应急照明;二级负荷区则包括常规照明和空调系统。每个区域的探测器布置依据其电力负荷和风险评估结果配置,确保电气异常时各部分能及时响应并采取措

5.2 探测器的选择与配置

探测器选择必须匹配配电系统的特定需求,考虑探测精度、响应时间和环境适应性。高层建筑中常用的探测器类型包括剩余电流型探测器和测温型探测器。剩余电流探测器主要监测线路剩余电流,正常工况下三相电流矢量和为零,当线路发生绝缘损坏等故障时会产生剩余电流,探测器能够敏锐地捕捉到这一变化并将信号发送给监控设备,尤其适用于湿度较高或设备老化的环境;测温探测器用于监测电气设备或线路的温度,当设备过载、接触不良等导致温度异常升高,能感知温度变化并将数据反馈给监控设备,以预防电气火灾的发生。选择合适的探测器不仅增强了监测的有效性,还能通过精确的数据支持,优化系统的整体响应能力。

5.3 探测器安装的实施步骤

探测器的安装包括多个步骤:确定安装位置、安装设备、连接信号线和系统测试。每个步骤都需要精确执行以保证系统的整体性和可靠性。首先,根据配电箱的位置和电路布局图确定探测器的最佳安装点。接着,按照制造商的指导手册进行物理安装,并连接必要的信号传输线路。最后,进行系统测试,确保所有探测器都能正常运行并与中央监控系统正确通信。

5.4 探测器覆盖率与效率评估

探测器安装完成后,需要评估其覆盖率和监控效率。评估过程包括检测各探测器功能的完整性,以及是否全面覆盖所有关键区域和设备。通过定期系统测试和维护,可确保探测器在建筑全寿命周期内有效运行;同时,对监控数据的分析能进一步优化探测器布局 and 配置,提升系统的整体性能(见表1)。

表1 配电系统中探测器的布置统计

配电区域	探测器类型	安装数量	覆盖率/%
照明配电箱	剩余电流型	20	100
应急照明配电箱	剩余电流型	15	100
空调动力配电箱	测温型	10	100
消防设备配电箱	测温型	5	100

6 电气火灾监控系统的安装与调试

6.1 监控设备的安装

电气火灾监控系统的安装首先从监控器和探测

器的精确布置开始。主机一般安装在机柜或控制台上,使用螺栓将主机固定牢固。主机的接地要良好,接地电阻不应大于 4Ω 。安装完成后,需检查主机的各接口、按键、显示屏等部件是否正常工作。以实现最佳监控效果和系统效率。在安装过程中,监控器通常固定在每个配电柜易于访问且不妨碍其他操作的位置;探测器则安装在电气线路或设备可能发生过热或漏电的关键点上。所有设备安装时都必须使用适当的固定件和接线配件,确保长期稳固并减少因振动或环境因素导致的损坏风险。对于集成监控设备和电气组件的配电柜而言,与配电柜厂家的合作尤为重要,确保所有部件的预安装符合技术规范。

剩余电流式探测器安装时,要将电流互感器套在相应的导线上,注意互感器安装方向要正确,且要保证互感器与导线之间紧密接触,避免出现松动或产生间隙。

测温式探测器安装需根据类型采用不同的安装方式。对于接触式探测器,要确保感温探头与发热部件之间有良好的热传导;对于非接触式探测器,要调整好探测器的监测角度和距离,以保证准确监测温度。

6.2 管线的敷设

电气火灾监控系统的管线敷设必须遵循电气安全和信号完整性要求。一般来说,信号传输线路可采用屏蔽双绞线,以减少电磁干扰;从监控器到中央监控主机间的总线应规划为最短路径,以减少信号衰减。在敷设过程中,应避免与高压线路并行或交叉,以防止电磁干扰。电线电缆应采用穿管或线槽敷设,线管或线槽的安装应牢固、排列整齐,避免交叉和扭曲。在有防火要求的场所,线管和线槽应采用防火材料制作或进行防火处理,并确保每段线路都有清晰的标记和测试接入点,便于后续维护和故障排查。不同系统、不同电压等级、不同电流类别的线路不应穿在同一根管内或线槽的同一槽孔内,以防止信号干扰和电气安全事故;当线路暗敷时,应敷设在非燃烧体结构内,且保护层厚度不应小于30mm。

6.3 系统的功能测试

安装完成后,开展系统的功能测试是确保电气火灾监控系统有效性的关键步骤。测试内容包括但不限于漏电检测、温度监控以及系统的整体响应时

间等。需使用标准测试设备模拟各种电气故障情况,如短路、漏电和过载等,验证系统在异常条件下的反应能力。对于剩余电流监控器,检验其是否能在设定值如30mA漏电时立即发出警报。测试结果应记录并分析,任何偏离预期表现的设备或线路都需调整或更换。

6.4 系统调试与参数设置

系统调试阶段主要涉及调整监控系统的警报阈值、响应时间和数据记录参数,确保所有设置都适应建筑的特定电气环境。调试工作应由经验丰富的技术人员执行,结合实际情况调整系统设置,以优化系统性能并确保在各种条件下都能稳定运行。此阶段还需配置用户界面,保证操作人员能够便捷读取系统信息并进行必要的操作。

6.5 验收与交付

电气火灾监控系统的最终验收是确保系统按照设计标准安装且可靠运行的必要环节。验收过程中,项目团队需向相关安全和建筑管理部门展示系统安装质量与性能测试结果。交付使用前,需开展全面系统审查,包括检查所有文档的完整性、系统设置的正确性以及终端用户培训情况,确保系统不仅符合安全规范,还能在日常操作中达到预期的防火监控效果。

7 结语

通过对电气火灾成因及监控系统设计的分析,本研究揭示了高层建筑中实施电气火灾监控系统的重要性。确保电气安全不仅需要严格遵守建筑和电气安全规范,而且需要通过先进的监控技术及时检测和响应潜在的火灾风险。合理的探测器布置和系统测试确保了系统的有效性,能够在火灾初期提供关键的预警,从而保护生命财产安全,减少经济损失。

参考文献

- [1] 徐锡生. 浅谈高层建筑电气火灾监控系统的设计[J]. 机电信息, 2011 (15): 160-161.